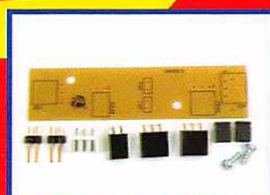
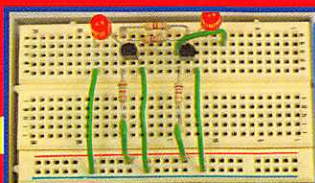
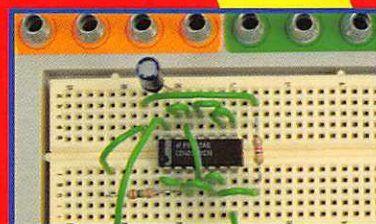
impara l'elettronica digitale

...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

25

9 771824 363008 41025

Peruzzo & C.

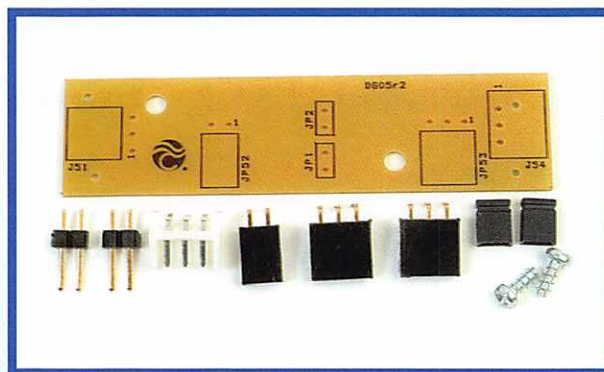
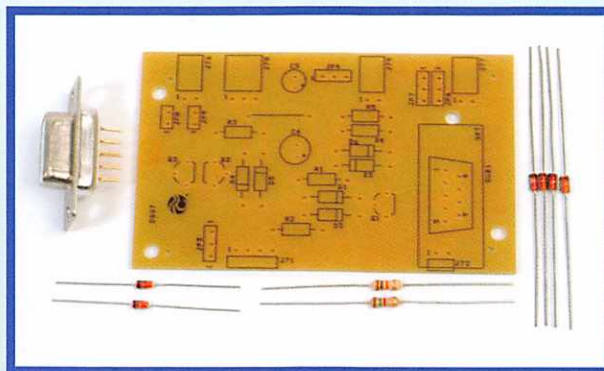
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

- 1 Scheda DG05r2
- 1 Connettore femmina da c.s. a 90° a due vie
- 2 Connettori femmina da c.s. a 90° a tre vie
- 2 Connettori maschio da c.s. diritto a due vie
- 2 Ponticelli isolati
- 1 Connettore maschio da c.s. a 90° a tre vie
- 2 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 1 Scheda DG07
- 1 Connettore femmina SUB-D diritto da 9 pin
- 4 Diodi 1N4148
- 1 Diodo zener 8V2
- 1 Diodo zener 5V1
- 1 Resistenza 1K5 5% 1/4 W
- 1 Resistenza 10K 5% 1/4 W

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** elettronicadigitale@microrobots.it

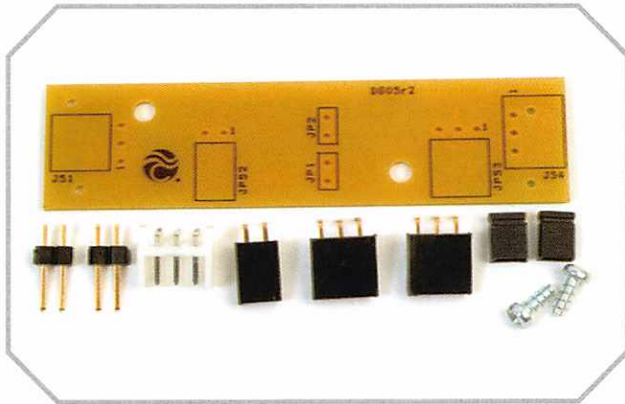
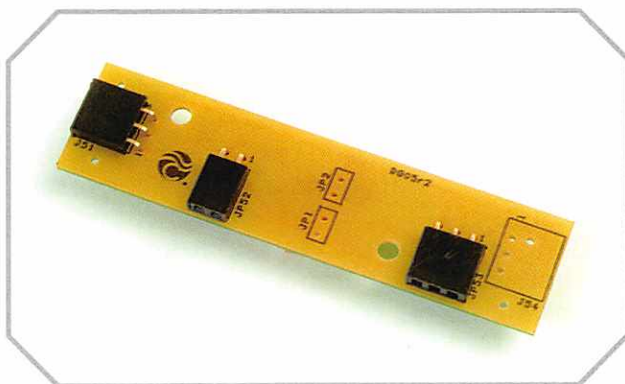
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

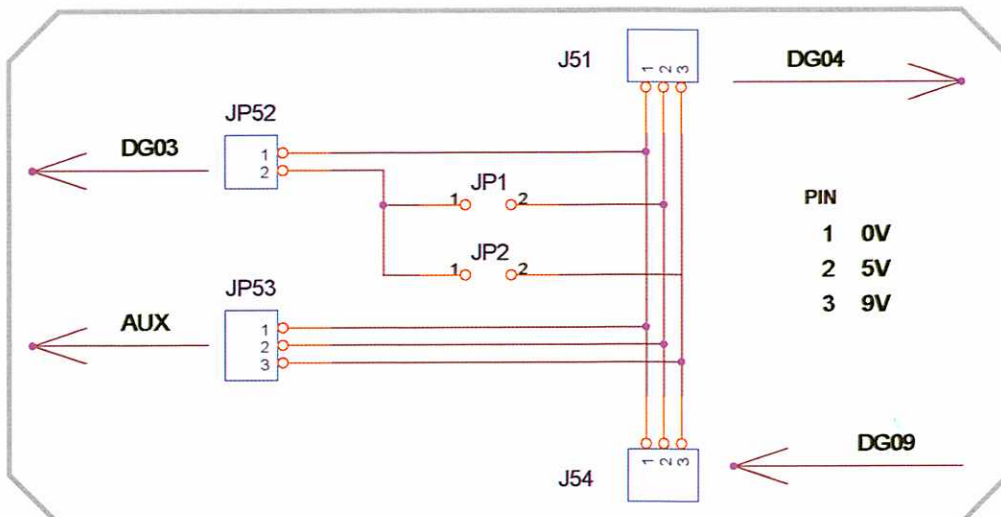
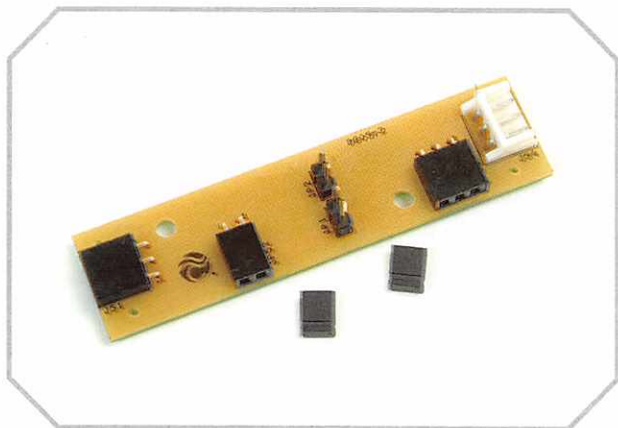
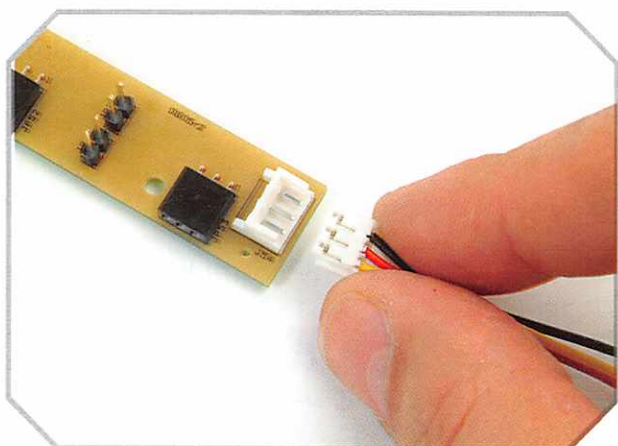
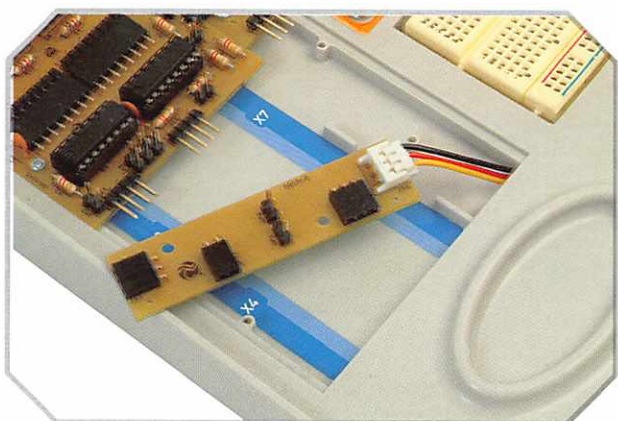
Alimentazione 2

Con questo fascicolo viene fornito il circuito stampato DG05 e tutti i suoi componenti, oltre alle due viti necessarie per il suo montaggio sul pannello principale del laboratorio.

Circuito DG05 e suoi componenti.

Nella prima fase si montano i connettori di minore altezza.

Funzioni

Il circuito stampato DG05 si utilizza per alimentare il circuito contatore DG03, e può trasferire a esso l'alimentazione da 5 o 9 V, che riceve dalla scheda DG09 tramite un cavetto a tre conduttori. Questa scheda dà continuità ai collegamenti dell'alimentazione di 0 V, 5 V e 9 V verso la scheda DG04, che a sua volta alimenta i circuiti stampati DG01 e DG02, il display doppio a 7 segmenti e i codificatori BCD/7 segmenti rispettivamente, alla tensione di 5 o 9 V, in base alla scelta.

Descrizione

Il circuito stampato DG05 contiene solamente elementi di collegamento. Riceve alimentazione dal connettore J54 tramite la scheda DG09. Il connettore J51 trasferisce l'alimentazione alla scheda DG04. Il JP52 si utilizza per alimentare la scheda dei contatori DG03, anche se questa uscita dell'alimentazione si può configurare in modo che fornisca 5 o 9 V a

Schema elettrico del DG05.

Scheda DG05 completa.

Un estremo del cavetto si collega a J54.

Passaggio del cavo di connessione verso l'interno.

DG03: questa scheda, infatti, accetta entrambe le alimentazioni, che si possono selezionare mediante la posizione del ponticello su JP1 o su JP2: JP1 per 5 V e JP2 per 9 V. Il connettore JP53 è un connettore ausiliario con collegamenti da 0 V, 5 V e 9 V.

Montaggio

Il montaggio dei componenti su questo circuito stampato inizia dall'installazione di quelli meno alti, in questo caso i tre connettori a 90°, tutti femmina, due a tre vie e uno a due vie, corrispondenti ai riferimenti del circuito stampato J51, JP53 e JP52.

Il contenitore di questi connettori deve rimanere ben appoggiato sulla superficie della scheda e con gli ingressi di collegamento orientati verso il bordo esterno della scheda stessa. Dato che tutti questi connettori sono della stessa altezza, è sufficiente invertire la scheda e appoggiarla su una superficie dura e piana, per fare in modo che i tre connettori rimangano montati bene e pronti per essere saldati.

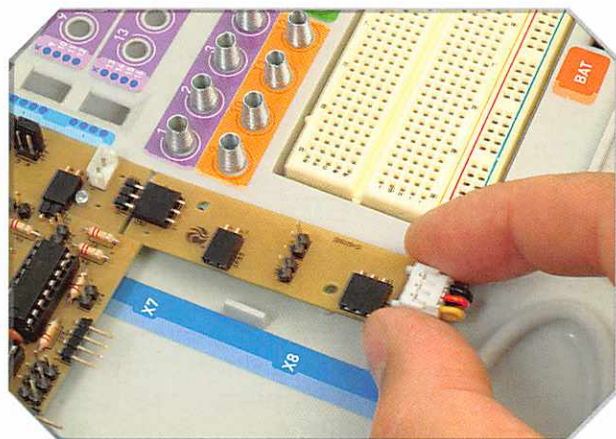
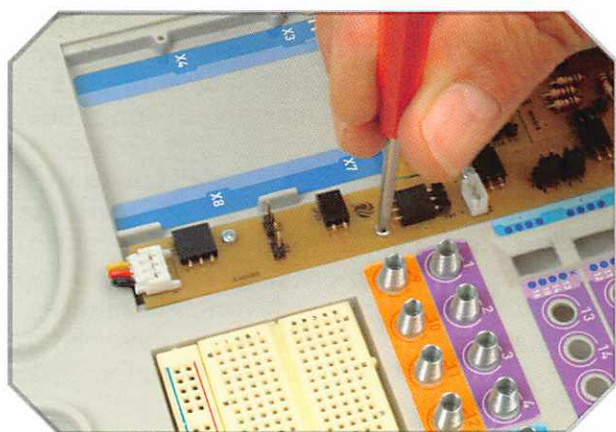
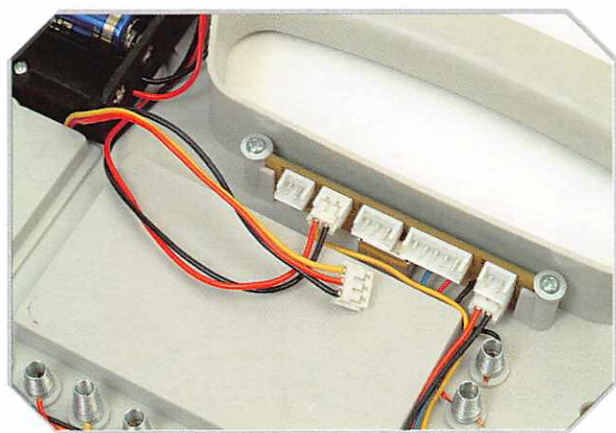
Dopo aver eseguito le saldature di questi connettori continueremo il montaggio con l'inserimento del connettore J54, di tipo maschio e di colore bianco, che si installa in modo che i suoi terminali di collegamento rimangano orientati verso l'esterno della scheda.

Infine si inseriscono nelle posizioni JP1 e JP2 i connettori a due vie, destinati ad alloggiare i ponticelli di alimentazione.

Ingresso di alimentazione

Questo circuito stampato riceve l'alimentazione tramite la scheda di distribuzione DG09. Per eseguire questo collegamento si utilizza il cavetto a tre fili terminato su due connettori di colore bianco a tre vie. Uno di questi connettori si collega sul terminale J54, spingendo finché non si sia agganciato perfettamente; notate la forma che hanno i lati del connettore per assicurare questo aggancio.

Installazione della scheda DG05

Per montare questa scheda la prima operazione da eseguire è quella di inserire nel foro inferiore della zona 1 il connettore del cavet-

Collegamento della scheda DG05 a J41 di DG04.

La scheda si fissa con due viti.

Estremo del cavetto inserito all'interno del laboratorio.

to a tre terminali, poi collegheremo la scheda DG05 alla DG04 mediante i connettori J41 e J51 delle due schede. In seguito inseriremo il resto del cavo di collegamento su DG09 e abbasseremo la scheda fino a quando i fori di fissaggio della stessa non saranno centrati sulle torrette che servono per avvitare le due viti di fissaggio. Il cavo si può inserire totalmente o lasciare un piccolo "riccio" all'esterno, come possiamo vedere nelle figure.

Dopo che la scheda è stata montata nella sua posizione corretta la fisseremo con le due viti che vi sono state fornite, esercitando sulle stesse solo una leggera pressione, sufficiente a fissare la scheda ma senza stringere troppo.

Collegamento a DG09

Solleveremo il laboratorio e lo gireremo sul suo asse, in modo da capovolgerlo, per poter osservare bene l'interno dello stesso.

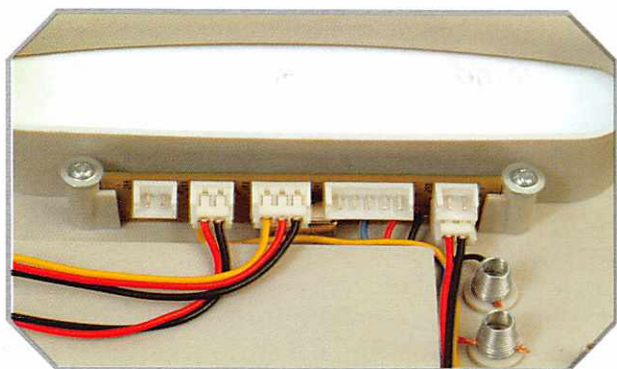
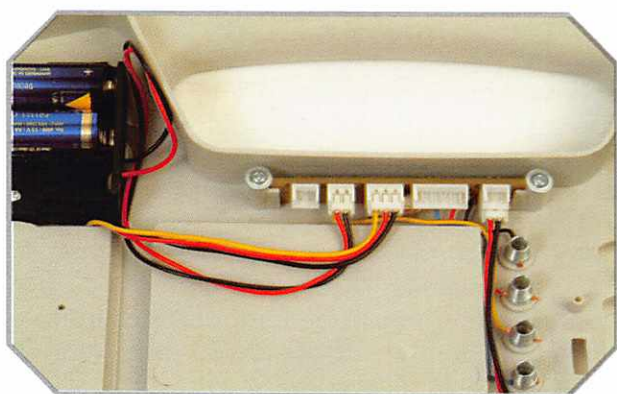
Cercheremo il connettore montato ai capi del cavetto a tre vie, precedentemente collegato alla scheda DG05, e lo collegheremo su J92 della scheda DG09, spingendolo fino a quando non rimarrà ben agganciato. In questo modo l'alimentazione da 5 V (4,5 quando si utilizzano le pile) arriverà alle schede DG04 e DG05, dalle quali si distribuisce alle DG01, DG02 e DG03. Rimane anche collegata la linea da 9 V, che si potrà utilizzare quando avremo a disposizione questa tensione.

Configurazione dell'alimentazione

Quando l'alimentazione sarà collegata, ovvero quando le pile saranno inserite nel portabatterie della zona 1 e il commutatore sarà in posizione BAT, l'alimentazione da 4,5 V arriverà solamente alle schede DG01, DG02 e DG03 se saranno montati i ponticelli JP1 e JP2.

Se queste schede non sono utilizzate per nessun esperimento, è meglio non collocare i ponticelli per risparmiare l'energia delle pile.

Quando sarà necessaria l'alimentazione a 5 V dovremo collegare i ponticelli JP1 e JP2 di DG04 sulle posizioni 1-2 e il ponticello JP1 su DG05.

Se si desidera utilizzare l'alimentazione da 9 V quando si collega il secondo portabatterie o si dispone dell'alimentatore esterno, i pon-

Collegamento del cavetto alla scheda di distribuzione.

Vista del lato interno del laboratorio.

ticelli JP1 e JP2 di DG04 devono essere collegati tra 3-4 e quello della scheda DG05 su JP2.

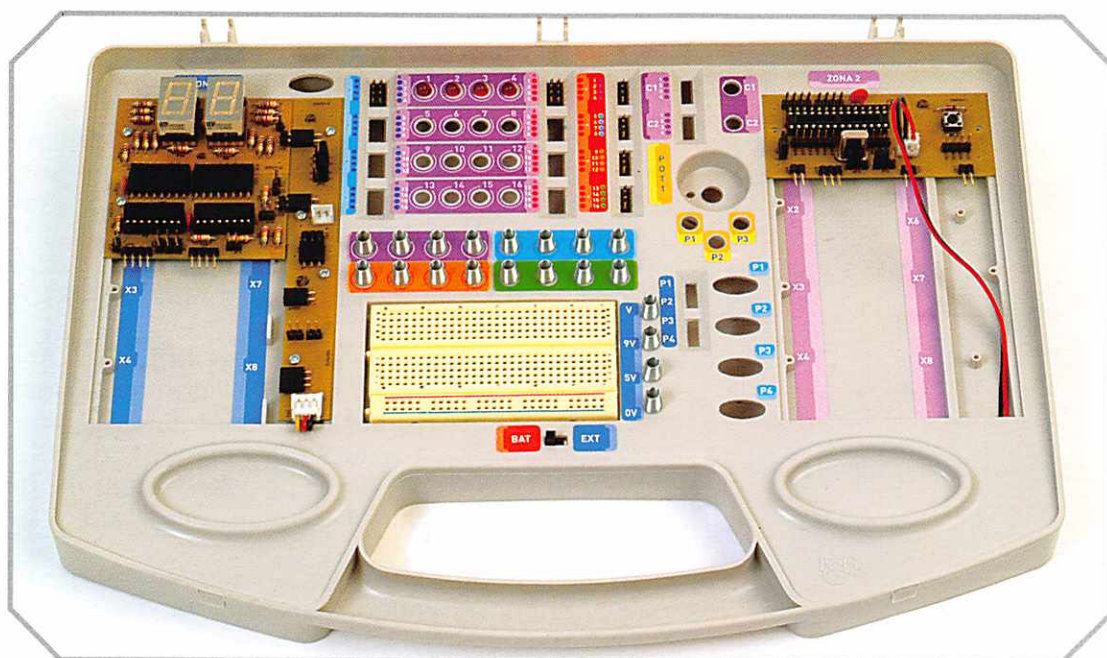
È consigliabile alimentare queste tre schede con la stessa tensione, 5 V (4,5 V quando si alimenta con le pile) o 9 V.

Ponticelli di DG05

La scheda DG05 ha due connettori per il montaggio dei ponticelli, anche se si possono utilizzare solamente in modo esclusivo, JP1 o JP2, non possono essere montati contemporaneamente, perché, in questo caso, produrremmo un cortocircuito sull'alimentazione.

Prova veloce

Con le pile del portabatterie situato nella zona 1 inserite e in buono stato, e con il commutatore in posizione EXT, si configura la scheda DG04 per 5 V (entrambi i ponticelli nella posizione 1, 2); sulla DG05 non si deve inserire alcun ponticello, dato che non ci sono schede collegate.

La prova veloce consiste nel collegare il ponticello JP5 alla scheda DG02, senza montare nient'altro che questa scheda. Collocando il commutatore di alimentazione su BAT, i 7 segmenti dei due display si devono illuminare simultaneamente. Questa prova deve essere breve, per prolungare la vita delle pile.

Vista esterna con la scheda DG05 installata.

Bistabile con transistor

In questo esercizio faremo delle prove con un circuito bistabile costruito con componenti discreti, come possiamo vedere dallo schema non è necessario utilizzare alcun circuito integrato.

Il circuito

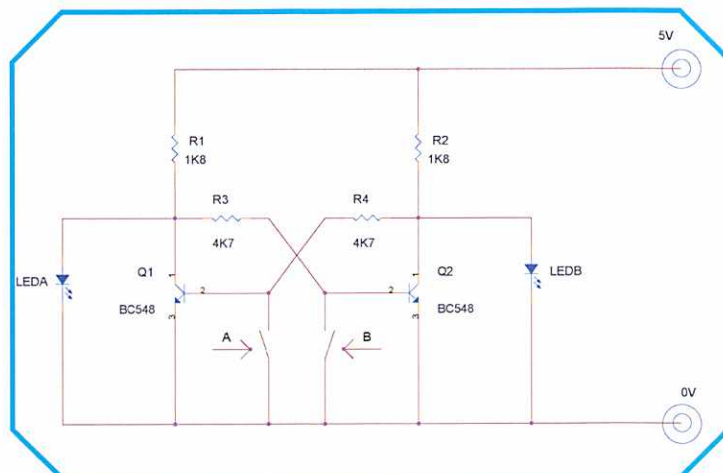
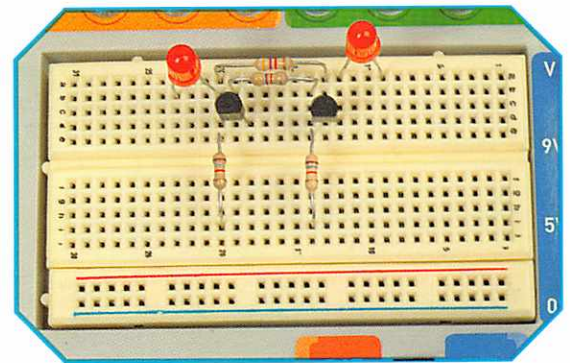
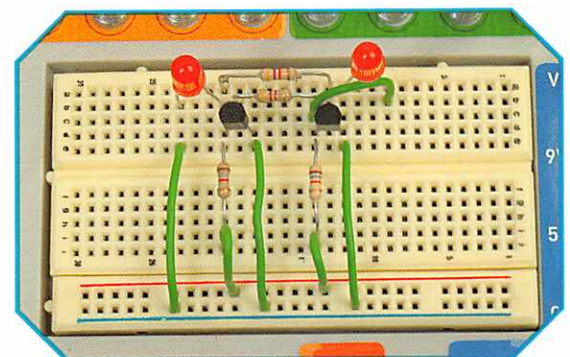
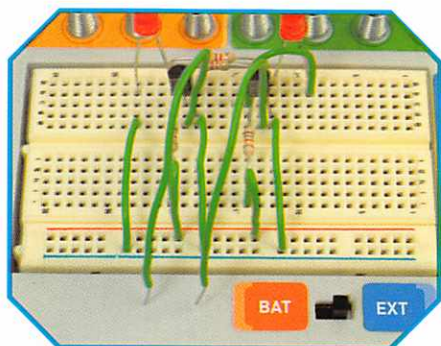
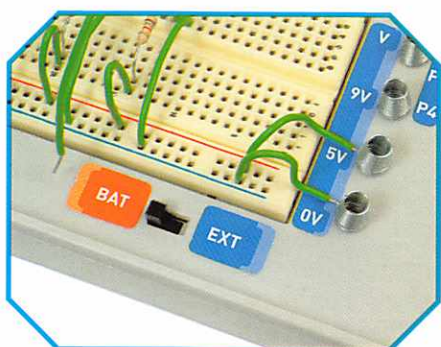
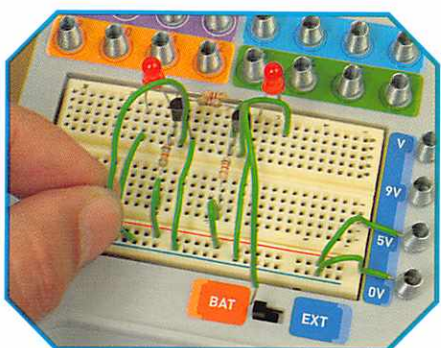
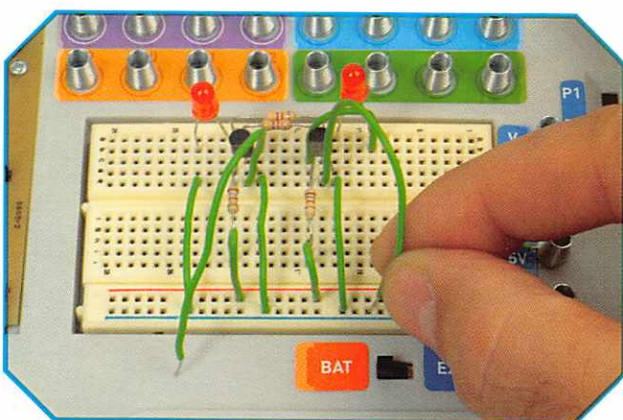
Lo schema è quello del circuito tipico che si trova sui libri, con un numero minimo di componenti, totalmente simmetrico, con un ingresso di RESET identificato con il collegamento A, e un collegamento di SET indicato con B. L'uscita del circuito è, quindi, quella che corrisponde al LED B, mentre l'altra uscita è quella negata rispetto alla precedente e utilizza il LED A come visualizzatore.

Questo circuito memorizza l'impulso, che è uno dei modi possibili di memorizzare lo stato di un circuito. Le resistenze R1 e R2, entrambe da 1K8, limitano la corrente che circola sui diodi LED A e LED B.

Funzionamento

Quando si collega il circuito, normalmente uno dei due LED si illumina. Uno dei transistor è in interdizione e l'altro in saturazione. Supponiamo che il transistor Q2 sia in stato di interdizione, ovvero, non conduca: in questa situazione la resistenza R2 può polarizzare il LED B e questo si illumina, mentre la resistenza R4, che è di un valore piuttosto basso per essere una resistenza di base, satura il transistor Q1, il quale assorbe la corrente che circola sulla resistenza R1 e, quindi, la sua tensione del collettore emettitore è bassa e non permette al LED A di illuminarsi; d'altro canto, dato che la tensione di collettore di Q1 è bassa, non lascia passare sufficiente corrente attraverso R3 per polarizzare la base del transistor Q2, per cui questo rimane in stato di interdizione. Il circuito si può mantenere in questo stato fino a quando c'è alimentazione.

Cambio di stato

Se nella situazione precedente eseguiamo per un attimo, come se si trattasse di un pulsante, il collegamento B, il circuito non cambierà stato e il LED B rimarrà illuminato, tuttavia, se il collegamento che si realizza è quello A, si produce l'"inversione del circuito", quindi, grazie

Bistabile con transistor.

Scheda Bread Board con i componenti.

Cablaggio interno della scheda.

I collegamenti A e B si realizzano con dei fili.

L'alimentazione si prende dalle molle 0 V e 5 V.

Collegamento provvisorio di A con B scollegato.

Collegamento provvisorio di B con A scollegato.

a questo collegamento, il transistor Q1 passa immediatamente nello stato di interdizione, il LED A si illumina, circola una corrente relativamente elevata sulla resistenza R3 che satura rapidamente il transistor Q2 e si spegne il LED B, impedendo inoltre che su R4 circoli sufficiente corrente per polarizzare la base del transistor Q1, in modo che questo rimanga in stato di interdizione per un tempo indefinito.

Montaggio

La realizzazione pratica di questo esperimento non è molto complicata, dato il ridotto numero di componenti utilizzato. Dobbiamo fare molta attenzione alla distribuzione dei terminali dei transistor e alla polarità dei LED; i collegamenti A e B si eseguono facendo un contatto momentaneo con il filo, quando il laboratorio sarà completo utilizzeremo i suoi pulsanti.

Alimentazione

I collegamenti dell'alimentazione si prendono direttamente dalle molle 0 V e 5 V. Per fare in modo che il circuito riceva alimentazione bisogna inserire le tre pile nel portabatterie situato sotto la zona 1, e il commutatore si deve trovare nella posizione BAT.

Prova

Dobbiamo verificare tutti i collegamenti prima di passare il commutatore nella posizione BAT. Il circuito deve funzionare appena colleghiamo l'alimentazione facendo illuminare uno dei LED, in caso contrario scollegheremo l'alimentazione e rivedremo il tutto.

Un modo molto semplice di verificare la polarità dei LED è quello di togliere i transistor: in questo caso i due LED si devono illuminare e, se ciò avviene, si scollega nuovamente l'alimentazione e si riposizionano i transistor al loro posto facendo molta attenzione a non commettere errori.

LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
LED 1, LED 2,	Diodo LED rosso

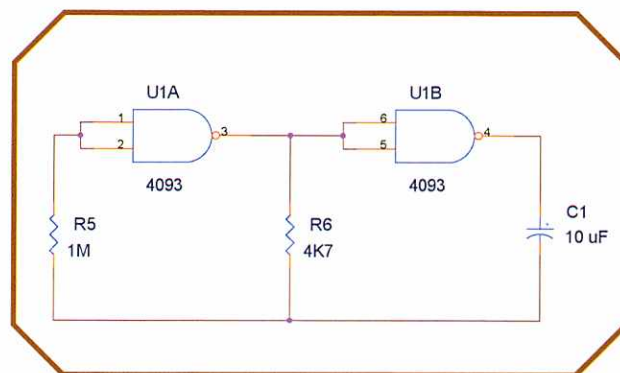
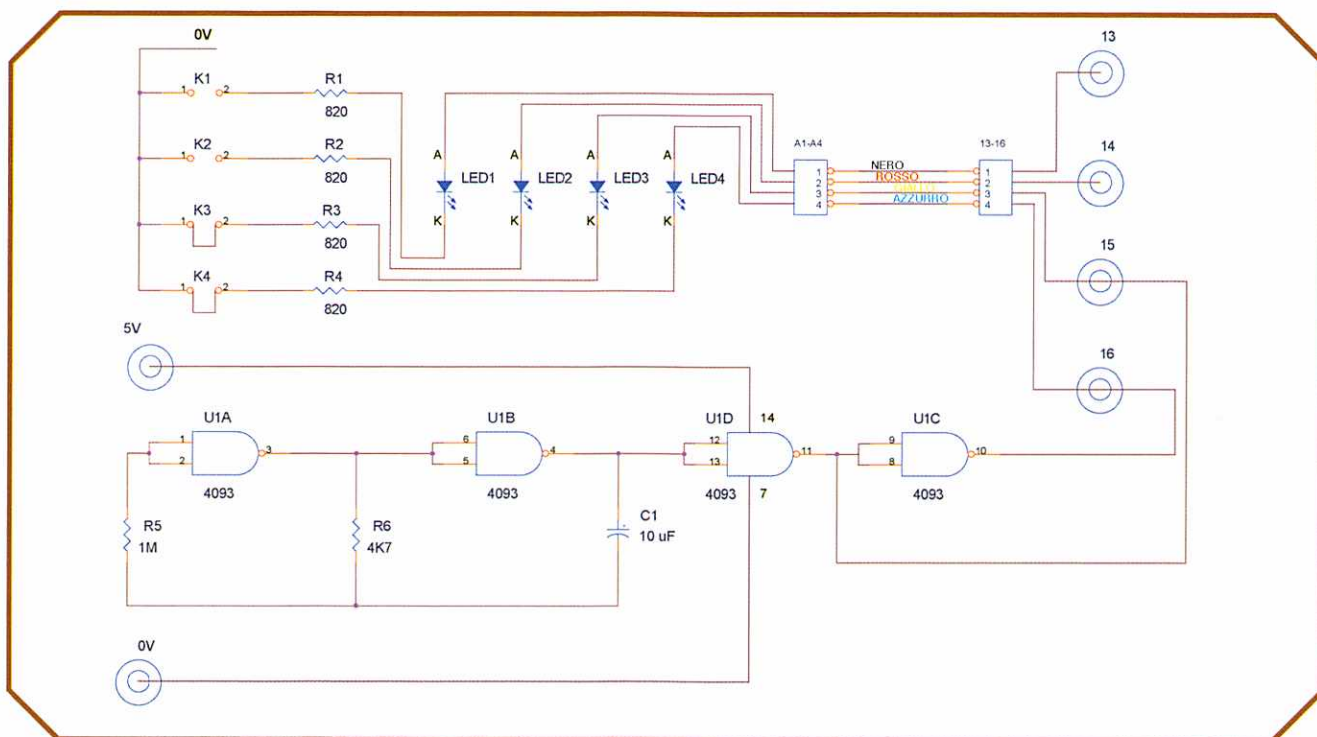
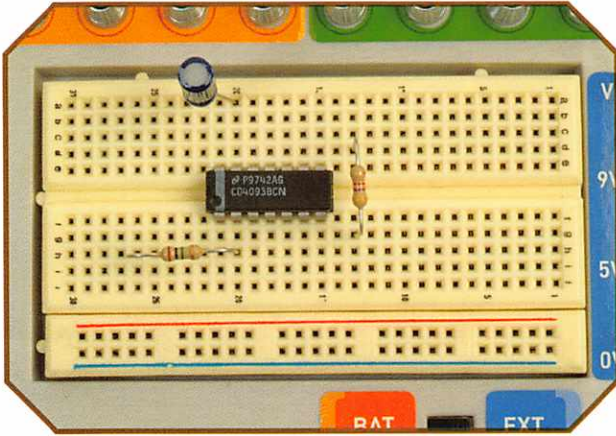
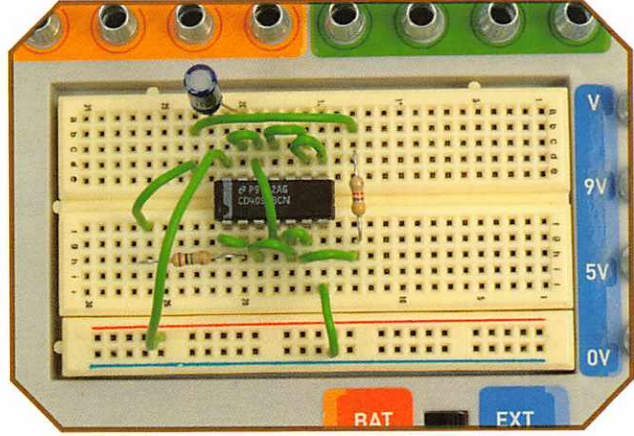
Astabile con due porte

In questa prova ci eserciteremo con gli astabili costruiti con le porte AND a due ingressi del circuito integrato 4093, utilizzate come porte invertenti.

Il circuito

L'astabile è formato dalle porte U1A e U1B, le resistenze R5 e R6 e il condensatore C1.

Il circuito sembra apparentemente molto complicato, tuttavia sono solamente stati aggiunti gli elementi che permettono di verificare il funzionamento del circuito stesso. L'uscita del circuito si prende dalla porta U1B, terminale 4 del circuito integrato, si porta all'ingresso di una porta invertente, formato da U1D, e l'uscita di questa a sua volta è mandata alla porta rimanente U1C.

Le uscite di queste ultime due porte, terminali 11 e 10 di U1 rispettivamente, sono utilizzate per illuminare, quando sono attive, alcuni diodi LED, precisamente quelli installati sul pannello frontale del laboratorio, identificati come LED3 e LED4. Le resistenze di polarizzazione di questi due LED fanno parte del circui-

Componenti di base dell'astabile.

Astabile con due porte; segnale simmetrico.

Componenti installati sulla scheda Bread Board.

Cablaggio interno.

to stampato DG11 e non sono visibili, tantomeno sono riportate sulla lista dei materiali, perché su questa lista vengono indicati solamente i componenti montati sulla scheda Bread Board.

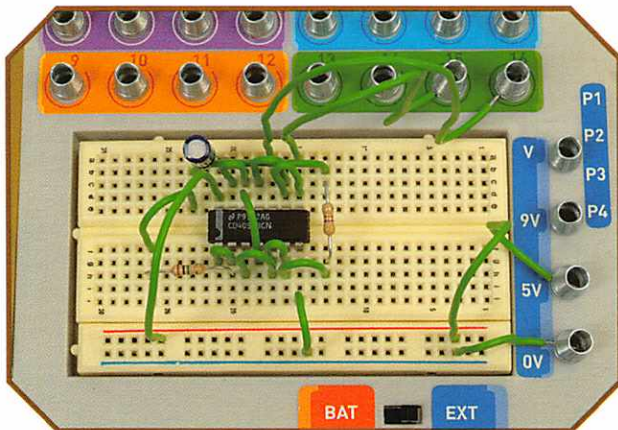
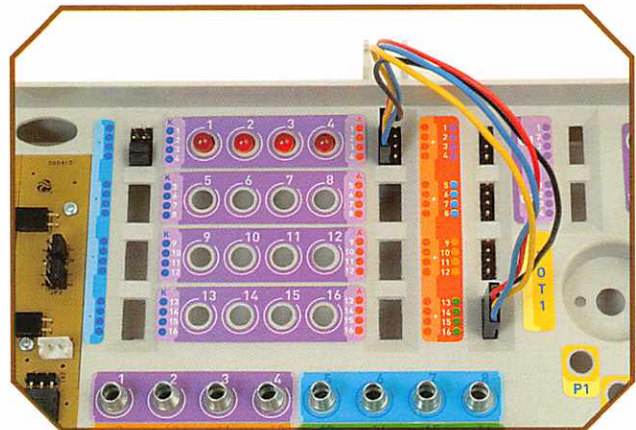
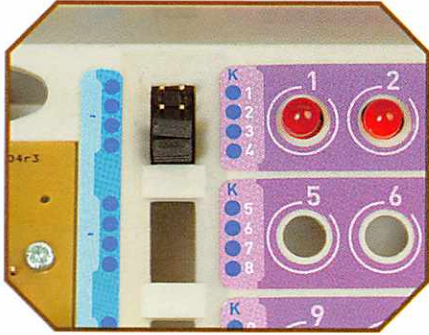
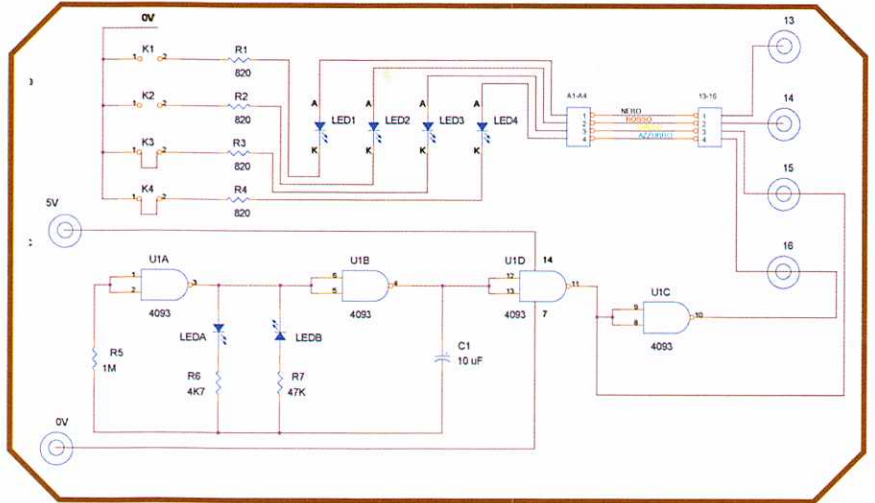
Montaggio

Il montaggio è piuttosto semplice e non comporta alcuna difficoltà particolare. Si realizza nel modo abituale, seguendo lo schema e aiutandoci con le figure. Bisogna fare attenzione al montaggio del circuito integrato, alla polarità del condensatore elettrolitico e, in generale, a tutti i collegamenti.

Per fornire l'alimentazione negativa al LED3 e al LED4 utilizzati nell'esperimento, è necessario collegare con due ponticelli i terminali K3 e K4 al terminale dell'alimentazione, che è a lato di ognuno di essi.

Dovremo anche utilizzare un cavetto a quattro fili, terminato su dei connettori a quattro vie, per stabilire il collegamento tra i terminali degli anodi dei LED A1, A2, A3 e A4 e i terminali dal 13 al 16 di accesso alle molle; il collegamento alla scheda Bread Board si realizza tra i terminali 11 e 10 del circuito integrato 4093 e le molle 15 e 16 rispettivamente.

Alimentazione

I collegamenti dell'alimentazione si realizzano direttamente sui terminali 5 V e 0 V, il negativo dei LED è permanentemente collegato alla fila di 16 terminali, raggruppati di quattro in quattro, identificati con il colore azzurro e il segno meno, posizionati ognuno a lato di ciascun collegamento del catodo, per facilitare il collegamento tra gli stessi con i ponticelli inseribili.

Collegamenti alle molle.

Collegamenti con il cavetto tra A1-A4 e 13-16.

Dettaglio dei due ponticelli che si utilizzano per alimentare i negativi dei LED 3 e 4.

Astabile con porte; segnale asimmetrico.

Prova

Prima di collegare l'alimentazione dobbiamo rivedere tutto il lavoro svolto e, dopo esserci assicurati che è corretto, verificheremo lo stato delle tre pile del portabatterie situato sotto la zona 1, prima di spostare il commutatore sulla posizione BAT.

Il circuito deve iniziare a oscillare e i LED 3 e 4 si illumineranno in modo alternativo, entrambi con lo stesso tempo. Se si desidera che il lampeggio dei LED sia più lento si può provare con valori superiori, ad esempio 47 K e 100 K.

Circuito asimmetrico

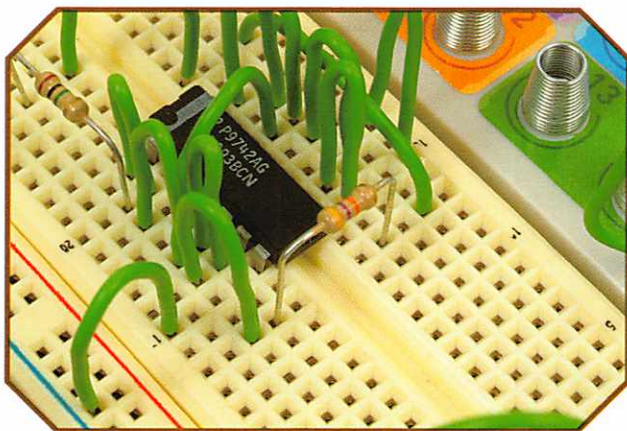
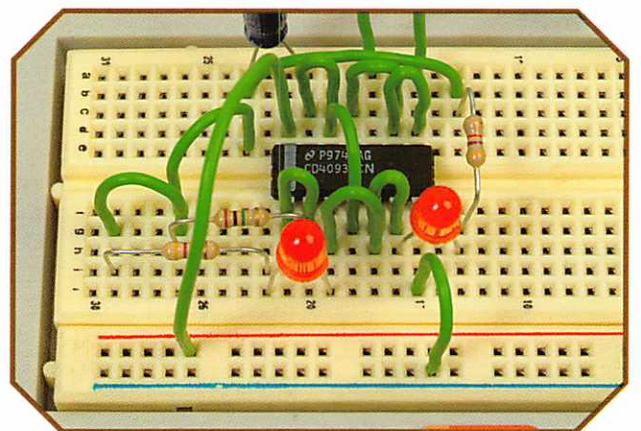
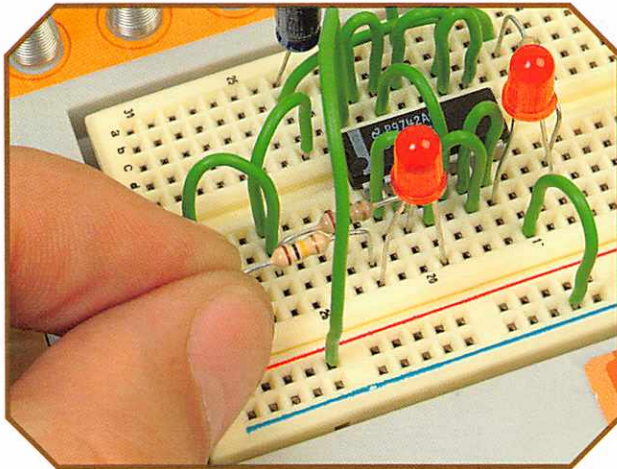
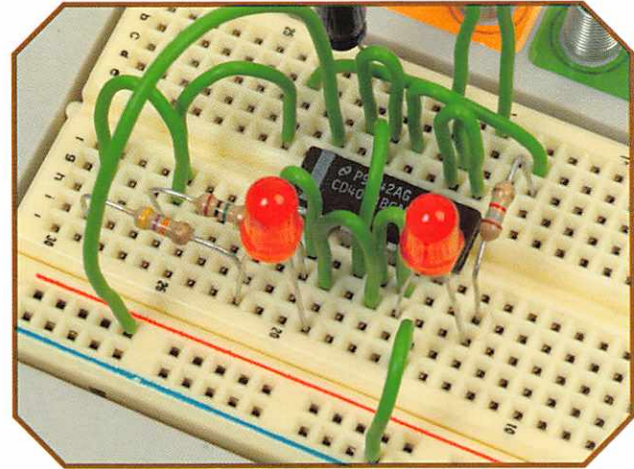
Con una piccola modifica possiamo ottenere che il tempo di accensione dei due LED sia diverso. Se osserviamo lo schema del circuito modificato affinché sia asimmetrico, potremo

LISTA DEI COMPONENTI

Circuito segnale simmetrico

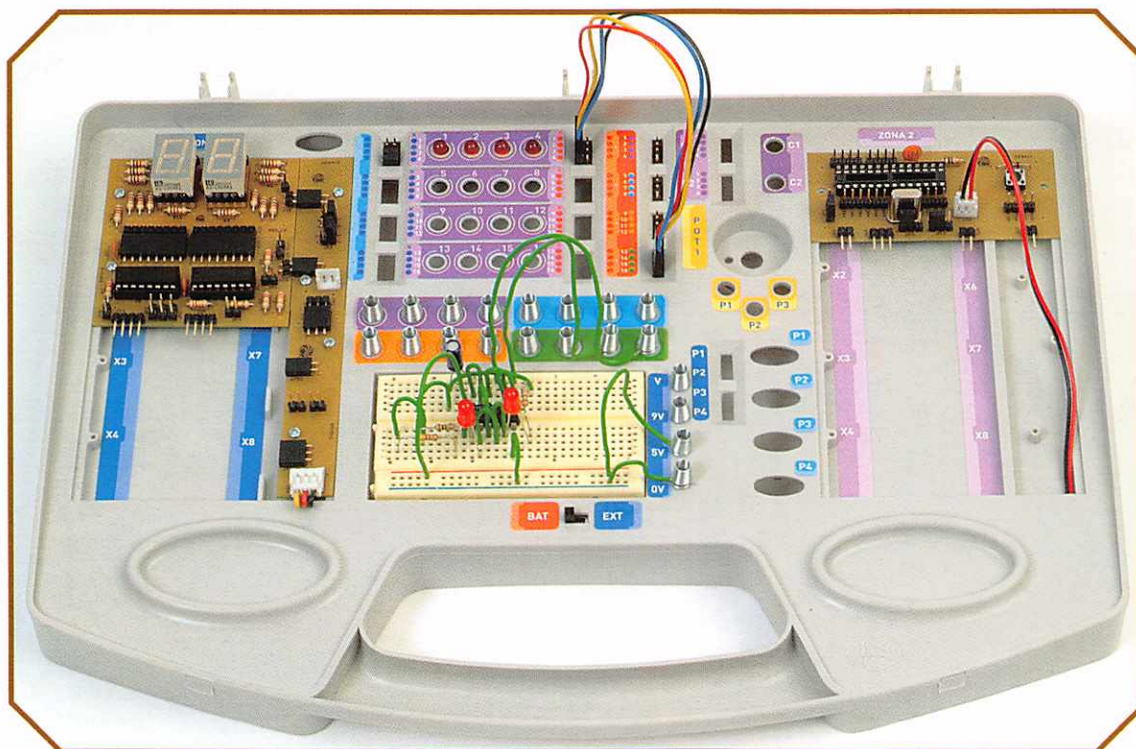
U1	Circuito integrato 4093
R5	Resistenza 1M (marrone, nero, verde)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1	Condensatore 10µF elettrolitico

Circuito segnale asimmetrico

U1	Circuito integrato 4093
R5	Resistenza 1M (marrone, nero, verde)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R7	Resistenza 47K (giallo, viola, arancio)
C1	Condensatore 10µF elettrolitico
LED 1, LED 2,	Diodo LED rosso

Se aumentiamo il valore di R6 si abbassa la frequenza.

Circuito modificato per ottenere un segnale asimmetrico.

In questa prova aumentiamo il valore di R7 a 100 K.

Qui diminuiamo R6 a 1K8.

vedere che sono stati aggiunti i LED e una resistenza, la R7, di valore differente dalla R6. Questa differenza di valore tra R6 e R7 determina la differenza dei tempi di illuminazione tra un LED e l'altro.

Prova del circuito modificato

I LED A e B inseriti sulla scheda Bread Board si utilizzano per fare in modo che la corrente di carica e quella di scarica del condensatore C1 seguano percorsi diversi. Non è importante che si illuminino però è molto utile, perché potremo farci un'idea della corrente che circola attraverso i LED stessi. Possiamo provare con valori diversi per R6, ad esempio 1K8, e per R7, ad esempio 100 K, inoltre possiamo scambiare tra di loro le resistenze per verificare che si cambi il comportamento di un LED (LED3 e LED4) con l'altro.

Vista del laboratorio con il circuito asimmetrico.

Il repertorio delle istruzioni (II)

Delle 35 istruzioni che formano il repertorio del nostro PIC abbiamo analizzato quelle di trasferimento e parte di quelle aritmetiche. Continueremo lo studio dei nuovi gruppi di istruzioni, inserendo degli esercizi pratici per consolidare le nostre conoscenze.

Istruzioni aritmetiche

Questo tipo di istruzioni realizza operazioni aritmetiche tramite la ALU. Nella tabella della figura sono riportate le istruzioni che formano questo gruppo. Abbiamo analizzato quelle di somma e sottrazione e ora continuiamo con il resto.

INCF f,d: (Increment f) Il valore del registro f si incrementa di una unità. Se d = 0 il risultato dell'operazione verrà scritto sul registro di lavoro W, se d = 1 il risultato sarà lo stesso registro.

DECF f,d: (Decrement f) Come l'istruzione precedente però, invece di incrementare, riduce il valore di una unità.

COMF f,d: (Complement f) Esegue il complemento del registro f, si cambiano i valori 1 con 0 e viceversa (negazione o complemento a uno). In funzione del valore di 'd' il risultato si scriverà sul registro W o nel proprio registro 'f'.

Questi tre registri modificano il bit Z del Registro di Stato, quindi, realizzando una di queste operazioni, se il risultato è 0 il bit Z passerà a valore 1.

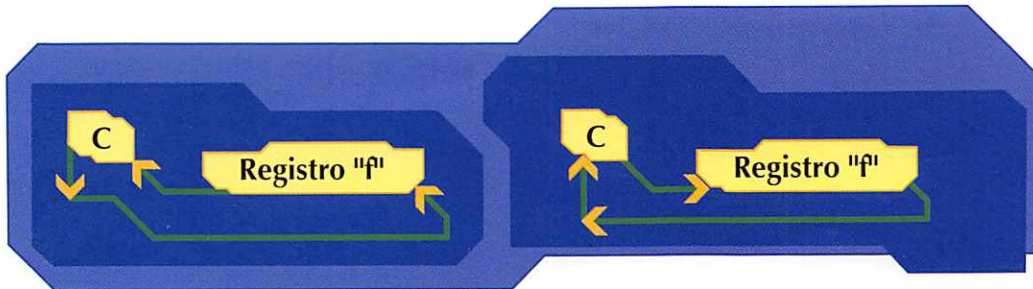
RLF f,d: (Rotate Left f) Ruota I bit del registro 'f' di una posizione verso sinistra (la stessa cosa che moltiplicare per due il valore del registro). Il valore di 'd' determinerà dove si registra il risultato.

RRF f,d: (Rotate Right f) Come l'istruzione precedente, con la differenza che ruota i bit verso destra.

Nella figura possiamo vedere come funziona l'istruzione e come influenza il bit C del Registro di Stato.

Per operazioni complesse come la moltiplicazione e la divisione, dobbiamo scomporre queste in operazioni semplici. Qundi, una moltiplicazione altro non è che un ciclo dove si ripete la somma del dato del moltiplicando il numero di volte indicato dal moltiplicatore. Con la divisione avviene la stessa cosa, però si

MNEMONICO E OPERANDI		DESCRIZIONE	CICLI	CODICE OP	FLAG
ADDLW	k	Somma a W il valore del letterale k e lascia il risultato su W	1	11 111x kkkk kkkk	C, DC, Z
ADDWF	f,d	Somma il contenuto di W al registro f. Se d = 0 il risultato si scrive su W	1	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z
SUBLW	k	Sottrae al valore letterale k il valore contenuto sul registro W lasciando il risultato su W	1	11 110x kkkk kkkk	C, DC, Z
SUBWF	f,d	Sottrae al valore del registro f il valore di W e lascia il risultato dove indica d	1	00 0010 dfff ffff	C, DC, Z
INCF	f,d	Incrementa f		00 1010 dfff ffff	Z
DECF	f,d	Decrementa f	1	00 0011 dfff ffff	Z
COMF	f,d	Complemento di f	1	00 1001 dfff ffff	Z
RLF	f,d	Ruota il registro f a sinistra utilizzando il riporto (C)	1	00 1101 dfff ffff	C
RRF	f,d	Ruota il registro f a destra utilizzando il riporto (C)	1	00 1100 dfff ffff	C

Istruzioni aritmetiche.

Istruzioni aritmetiche di rotazione.

utilizza il resto invece della somma. Anche altre operazioni complesse dovranno essere scomposte nelle operazioni più semplici.

Esempio pratico

Abbiamo tre valori, A, B e C, scritti nell'indirizzo di memoria dei dati 0x20, 0x21 e 0x22, rispettivamente. Dobbiamo realizzare l'operazione aritmetica (A+B)-C e depositare il risultato all'indirizzo 0x23.

A questo punto dobbiamo saper risolvere questo esercizio. Apriremo l'editor di testo di MPLAB e inizieremo a scrivere il nostro programma. Ricordate che la prima cosa da fare è quella di definire nel programma quale microcontroller dobbiamo utilizzare e includere il file o la libreria dove si trovano tutte le etichette dei registri.

Fatto questo, è necessario definire le variabili da utilizzare. Per semplificare il programma, invece di lavorare con gli indirizzi, lavoriamo con etichette, quindi le dobbiamo associare ai loro indirizzi di memoria corrispondenti.

Il passo successivo consiste nel porre le direttive di inizio del programma (Vector di Reset e salto della posizione della routine di interrupt).

Di seguito risolveremo il problema mediante istruzioni di trasferimento e aritmetiche, concludendo il programma con istruzioni di non operazione e con la direttiva end.

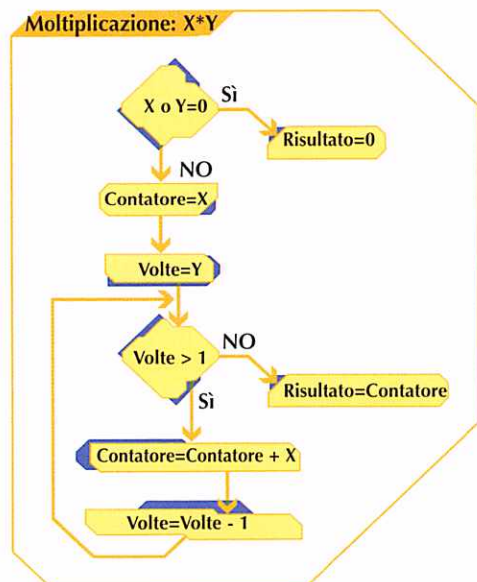
Il programma risolto avrà l'aspetto che possiamo vedere nella figura. Come possiamo notare l'uso dei commenti semplifica molto la comprensione del programma.

Per verificare che il programma faccia realmente ciò che è stato specificato nel risultato dobbiamo compilare il codice (prima dobbiamo associarlo a un progetto) e dopo aver verificato che non ci siano errori apriremo le finestre di simulazione.

In questo caso è stata presa in considerazione la finestra degli Special Function Register e una finestra dove visualizzare le variabili con cui vogliamo lavorare.

```
                List    p=16F870         ;Modello di microcontroller
                include "P16F870.inc"    ;Include la libreria delle etichette dei registri

Dato_A          equ     0x20             ;Assegnazione di etichette con gli indirizzi delle variabili
Dato_B          equ     0x21
Dato_C          equ     0x22
Risultato       equ     0x23

                org     0x00             ;Vector di Reset
                goto    Inizio           ;Salto all'indirizzo dell'istruzione con etichetta Inizio
                org     0x05             ;L'istruzione successiva in 0x05 per salvare l'interrupt

Inizio          movf    Dato_A,0         ;Carica il Dato A sul registro di lavoro
                addwf   Dato_B,0         ;Somma il Dato B a W e lascia la somma su W
                movwf   Risultato        ;Sposta il contenuto di W sulla variabile Risultato
                movf    Dato_C,0         ;Carica il Dato C su W
                subwf   Risultato,1      ;Sottrae a Risultato W e lascia il valore finale su Risultato

Stop            nop                      ;Indirizzi riservati per inserire un punto di arresto con il
                nop                      ;simulatore

                end                      ;Direttiva di termine del programma
```

Soluzione all'esercizio proposto.

Algoritmo per risolvere una moltiplicazione mediante somme.

Per inserire valori sulle variabili utilizziamo la finestra Modify, come mostrato nella figura (inseriamo i valori in decimale).

Assegnando i valori alle variabili A, B e C (8, 5 e 6 rispettivamente) procederemo all'esecuzione passo a passo. In questo modo potremo osservare l'evoluzione dei registri e se abbiamo risolto bene il programma.

Istruzioni logiche

Questo gruppo di istruzioni comprende quelle che eseguono alcune operazioni di tipo logico. Anche se i parametri di queste istruzioni sono registri, le operazioni si realizzano bit a bit. Le operazioni logiche che potremo realizzare sono: AND, OR e XOR. Queste tre operazioni si realizzano con il registro di lavoro e un valore letterale o il valore contenuto su un registro. Per questa ragione ci sono due istruzioni per ogni operazione.

ANDLW k: (AND Literal with W) È realizzata l'operazione logica AND tra i due bit del registro di lavoro W e un valore letterale. Il risultato si deposita su W.

ANDWF f,d: (AND W with f) La stessa operazione logica però, questa volta, tra W e il valore contenuto sul registro 'f'. Il risultato si depositerà su W o su 'f' in base al valore di 'd'.

IORLW k: (Inclusive OR literal with W) Si realizza l'operazione logica OR tra i bit del Registro di Lavoro W e un valore letterale. Il risultato si deposita su W.

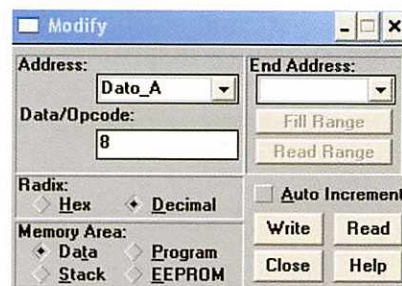
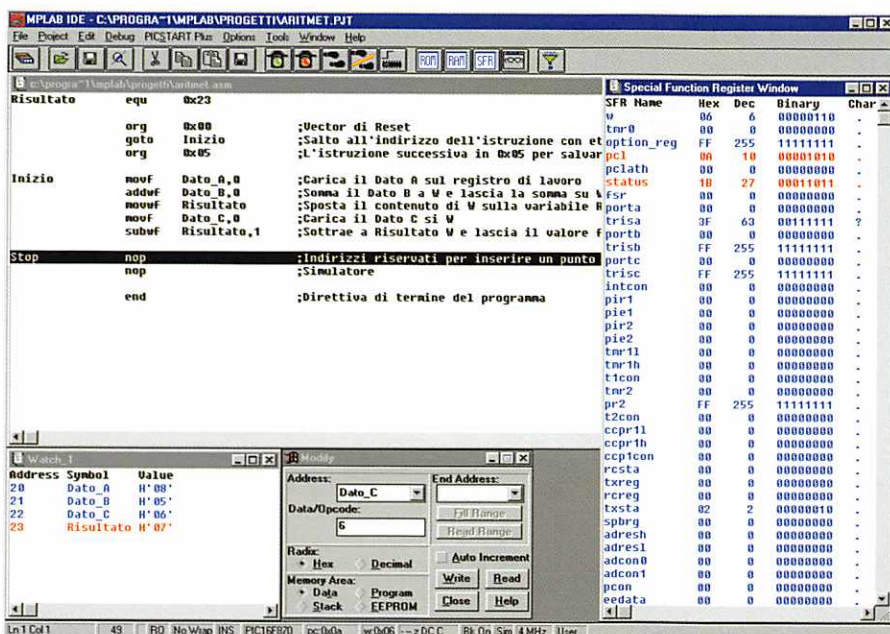
IORWF f,d: (Inclusive OR W with f) Somma logica OR tra W e il valore contenuto nel registro 'f'. Il risultato si depositerà in W o in 'f' in base al valore di 'd'.

XORLW k: (Exclusive OR literal with W) OR esclusivo tra due bit del Registro di Lavoro W e un valore letterale. Il risultato si lascia su W.

XORWF f,d: (Exclusive OR W with f) Uguale al precedente però tra W e il valore contenuto nel registro 'f'. Il risultato si depositerà in W o in 'f', in funzione di 'd'.

Nelle operazioni logiche i riporti non passano da un bit all'altro come succede con quelle aritmetiche. Le operazioni logiche si realizzano bit a bit, indipendentemente dai bit contigui.

L'unico bit del Registro di Stato STATUS che viene influenzato da queste istruzioni è il bit Z (Zero). Quando si esegue una di queste istruzioni se il risultato dell'operazione è uguale a 0, il bit Z passerà a 1.

Nella figura è presentato un semplice esempio di combinazione di istruzioni in cui si realizza un'operazione logica.

Finestra Modify per forzare valori sulle variabili.

Verifichiamo come cambiano i registri W e la variabile. Risultato eseguendo passo a passo il codice del programma.

MNEMONICO E OPERANDI	DESCRIZIONE	CICLI	CODICE OP	FLAG
ANDLW k	Moltiplicazione logica del valore di W e il valore del letterale k. Lascia il risultato su W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z
ANDWF f,d	Moltiplicazione logica del valore del registro f e del valore di W. Lascia il risultato in funzione di 'd'	1	00 0101 dfff ffff	Z
IORLW k	Somma logica del valore W con il valore del letterale k. Lascia il risultato in W	1	11 1000 kkkk kkkk	Z
IORWF f,d	Somma logica del valore del registro f con il valore di W. Lascia il risultato dove indica d	1	00 0100 dfff ffff	Z
XORLW k	Somma esclusiva del valore di W con il valore del letterale k. Lascia il risultato su W		11 1010 kkkk kkkk	Z
XORWF f,d	Somma esclusiva del valore del registro f con il valore di W. Lascia il risultato dove indica d	1	00 0110 dfff ffff	Z

Istruzioni logiche.

Esempio pratico

Nella figura riprodotta qui sopra è riportato un nuovo esempio di programma con istruzioni logiche.

Copiate sull'editor di MPLAB l'esempio della figura. I passi da realizzare sono gli stessi visti nell'esempio delle istruzioni aritmetiche. È necessario creare un progetto, associare a questo il codice in assembler e compilarlo. Successivamente osserveremo come si modificano i registri coinvolti nel programma man mano che questo si esegue, in questo modo si capirà meglio il funzionamento delle istruzioni.

È raccomandabile fare pratica con diversi esercizi e familiarizzare sia con le istruzioni che con il software di simulazione MPLAB.

A	B	A AND B	A OR B	A XOR B
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

Operazioni logiche AND, OR e XOR.

Calcolare il valore con cui deve rimanere caricato il registro di lavoro W dopo aver eseguito il seguente programma:

```
MOVLW      F0h
INCF       W,0
XORLW      3Ah
RRF        W,0
SOLUZIONE: W = 0110 0101
```

Esempio di combinazione di istruzioni.

MPLAB IDE

File Project Edit Debug PICSTART Plus Options Tools Window Help

c:\progra~1\mplab\progetti\aritmet2.asm

```
        List     p=16F870       ;Modello di microcontroller
        include  "P16F870.inc"  ;Include la libreria delle etichette dei registri

        org      0x00           ;Vector di Reset
        goto     Inizio         ;Salto all'indirizzo dell'istruzione con etichetta Inizio
        org      0x05           ;L'istruzione successiva in 0x05 per salvare l'interrupt

Inizio  andlw    b'00000000'    ;Un modo di resettare il registro di lavoro
        iorwf    24,1           ;Il registro 24 mantiene inalterati i suoi bit
        iorlw    b'11111111'    ;Il registro di lavoro si carica con tutti i bit a 1
        andwf    25,1           ;Il registro 25 mantiene inalterati i suoi bit
        comf     25,1           ;Complemento dei bit del registro 25
        xorwf    26,1           ;Un altro modo di fare il complemento
        xorlw    b'11110000'    ;La parte bassa rimane con'è e la parte alta si complementa
        andwf    25,1           ;Il risultato dipenderà dalla combinazione di W e f

Stop    nop                     ;Indirizzi riservati per inserire un punto di arresto con il
        nop                     ;Simulatore

        end                     ;Direttiva di termine del programma
```

Ln 21 Col 72 | 21 | WR | No Wrap | INS | PIC16F870 | pc:0x00 | w:0x06 | --zDCC | Bk On | Sim | 4 MHz | User

Esercizio proposto per fare pratica con MPLAB.